Aus dem zahnärztlichen Institut der Universität Göttingen
(Direktor: Prof. Dr. Rebel)

Histologische Untersuchungen vom menschlichen Zahnstein

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde

Verfaßt und einer hohen medizinischen Fakultät
der preußischen Georg-August-Universität zu Göttingen
vorgelegt von

ROBERT GARTEFF
aus Stara-Zagora (Bulgarien)

GÖTTINGEN 1933
Druck: A. F. PIEPER, Weende-Göttingen

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Universität zu Göttingen

Dekan: Prof. Frey
Referent: Prof. Rebel
Mündliche Doktorprüfung: 22. Februar 1933

Meiner Mutter.

An dieser Stelle sei mir gestattet, Herrn Prof. Dr. Rebel meinen verbindlichsten Dank für die liebenswürdige Überlassung des Themas auszusprechen.

Einleitung.

Zu den Kalkkonkrementen, die im Bereich der Mundhöhle vorkommen können und hier die Folge pathologischer Erscheinungen sind, diese direkt verursachen oder als erschwerendes Moment beeinflussen können, gehört auch der Zahnstein.

In der richtigen Erkenntnis der Bedeutung, die ihm bei der Unterhaltung und Beschleunigung des foetor ex ore (ex gingiva) der Gingivitiden wie der Parodontosen zukommt, wird ihm von den zahnärztlichen Autoren auch ein entsprechend vermehrtes Interesse entgegengebracht.

So sind also in Anbetracht der wichtigen Aufgabe, die in der Zahnsteinbekämpfung gegeben ist, eine große Anzahl von Arbeiten über Zusammensetzung, Ätiologie und Genese des Zahnsteins veröffentlicht worden. In der mir vorliegenden Literatur habe ich aber nur wenige Angaben über die feinere Struktur und den Bakterieninhalt des Zahnsteins gefunden. Daher habe ich es mir im nachstehenden zur Aufgabe gemacht, das organische Stroma des Zahnsteins nach seiner Entkalkung zu studieren, um dadurch eine Vorstellung über seine feinere Struktur zu erhalten.

Meinen Untersuchungen lasse ich einen kurzen Überblick der mir zugänglichen Literatur vorausgehen. In kurzer Zusammenstellung sollen die heutigen Auffassungen über Zusammensetzung, Ätiologie und Genese des Zahnsteins ihre Erwähnung finden.

Allgemeines.

Zum besseren Verständnis seien einige Vorbemerkungen allgemeiner Art vorausgeschickt:

Unter „Zahnstein“ verstehen wir im allgemeinen den Ansatz von Kalksalzen an den Zähnen. Diesen Begriff betrachtet Sachs als einen Sammelnamen, der alle kalkigen Ablagerungen und Konkremente der Zähne umfassen soll.

Das klinische Bild der Zahnsteinablagerungen läßt sich in seiner Verschiedenheit wesentlich leichter erfassen, wenn Einteilungen hinsichtlich der Farbe, der Härte und des Sitzes des Zahnsteins vorgenommen werden.

In der **Färbung** unterscheiden wir im allgemeinen den weißgelben, den gelbbraunen und den dunkelgraugrünen Zahnstein. „Die Farbunterschiede erklären sich leicht aus der Zusammensetzung des Grundstockes, aus Farbstoffen der Nahrung, aus Absonderungen beim Tabakgenuß, aus Beimengungen von Blutfarbstoff usw." (Port-Euler).

Die Abweichungen in der **Härte** des Zahnsteins, die im allgemeinen der von mittelhartem Gips entspricht (Sachs), gestatten, eine etwas weichere Form von der harten Form der Kalkablagerung zu unterscheiden. Dieser Unterschied dürfte in der chemischen Zusammensetzung sowie in einem schwankenden Gehalt an wasserlöslichen organischen Substanzen eine hinreichende Erklärung finden.

Genaue Untersuchungen der Zahnsteinbildungen hinsichtlich des **Sitzes** der Ablagerungen berechtigen die klinische Einteilung in supra- und subgingivalen Zahnstein.

Zum supragingivalen Zahnstein werden im allgemeinen die Ablagerungen gerechnet, die oberhalb des Gingivalsaumes lokalisiert sind. Die Konkremente sind oberflächlich mehr oder minder glatt, haben eine weißgelbe bis gelbbraune Farbe, weichere Konsistenz und wenig große Dichte.

Solche Inkrustationen haften auf der Unterlage nicht allzu fest, ihre stärkste Basis bleibt stets am Zahnfleischrande, und hier bietet sie den Ausgangspunkt für eine sich relativ leicht gestaltende instrumentelle Zahnsteinentfernung.

Die Bildung dieses Zahnsteines erfolgt verhältnismäßig rasch, und so ist hauptsächlich in der Schnelligkeit der Kalkinkrustation, die keine vollkommene Zersetzung der organischen Substanzen gestattet, die Erklärung für seinen helleren Farbton gegeben.

Das Maß der supragingivalen Zahnsteinablagerungen zeichnet sich durch große individuelle Verschiedenheit aus. So werden oft Fälle beobachtet, wo solche Zahnsteinbildungen in größerer Ausdehnung die Zahnreihen überziehen in der Art, daß die einzelnen Zahnflächen von einer zusammenhängenden Kalkwand bedeckt sein können.

Dagegen gibt es auch relativ seltene Fälle, die trotz mangelhafter Mundhygiene fast gar keinen Zahnsteinansatz aufweisen. Sachs und andere Autoren begründen diese Verschiedenheit der Stärke des Zahnsteins durch die Mannigfaltigkeit seiner Entstehungsursachen. Darunter wird an erster Stelle die verschiedene Speichelzusammensetzung, die auch bei ein und demselben Individuum Schwankungen aufweist, in ursächlichem Zusammenhang erwähnt.

Den Zahnsteinansatz finden wir hauptsächlich an solchen Stellen der Zähne, die vom Kauakt nicht betroffen werden. Dazu

gehören alle die inaktiven Zahnflächen, die Zähne ohne Antagonisten, einzelne Zähne und Zahnreihenabschnitte, die infolge Stellungs- und Bißanomalien dem Kaugeschäft fernbleiben und so der mechanischen Selbstreinigung nicht unterliegen. Das Benutzen nur einer Seite zum Zwecke der Kaufunktion, was aus mehreren Gründen geschehen kann, führt meistens zu Kalkablagerungen auf den unbenutzten Zahnreihen.

Auch Zahnersatzstücke, wie Kronen, Brücken und Prothesen, tragen oft genug, besonders im Unterkiefer, große Schichten von Zahnstein.

Die übermäßige Zahnsteinablagerung in der Nähe der Ausführungsgänge der großen Speicheldrüsen findet ihre Erklärung in einer der später zu besprechenden Entstehungstheorie des Zahnsteines, die ihn als Produkt des Speichels betrachtet. So werden in der Literatur die lingualen Flächen der unteren Schneidezähne und die buccalen Flächen der oberen ersten zwei Molaren als Praedilektionsstellen für den Zahnsteinansatz bezeichnet (Bail).

Zum subgingivalen Zahnstein rechnen wir die Konkrementbildungen unterhalb des Zahnfleischsaumes. Am Zahnhalse und unterhalb von ihm werden sie als graugrünlich bis dunkelgrau gefärbte Ablagerungen angetroffen, die in schmalen Ringen und Schüppchen ihrer Unterlage sehr fest anhaften. Meistens sind es sehr harte und dichte Konkremente, die oft eine körnige Beschaffenheit und stets eine rauhe Oberfläche aufweisen. Eine Erklärung für die Rauhigkeit findet Bail darin, daß „sie vom Zahnfleischrande bedeckt, der glättenden Wirkung von Speichel und Zunge entzogen bleiben".

Die Bildung der subgingivalen Inkrustationen vollzieht sich etwas langsamer, wodurch eine bessere Zersetzungsmöglichkeit für den organischen Grundstock gegeben ist. Neben den anderen Faktoren dürfte auch darin die Deutung der dunkleren Farbe dieser Zahnsteinform eine hinreichende Begründung finden.

Was die Stärke der Ablagerung anbelangt, so sind es meist geringe Schüppchen, die in schichtweiser Absetzung der Wurzelspitze zustreben. Dieser Tendenz im Wachstum kann die abreibende Wirkung der Lippen-, Zungen- und Wangenbewegungen infolge der geschützten Lage der Konkremente nicht entgegenwirken (Bonwill, Younger, Mitscherlich, Miller).

Diese subgingivalen Inkrustationen findet man besonders bei der Alveolarpyorrhoe an allen Zähnen in der Nähe des marginalen Zahnfleischrandes abgelagert.

Die vorstehende Einteilung im klinischen Bilde des Zahnsteins, die hier mehr aus Gründen der Übersichtlichkeit vorgenommen

wurde, ließe sich vielleicht auch in der Praxis durchführen, wo reine Zustandsbilder nicht immer zur Beobachtung gelangen. Eine systematisch vorgenommene Untersuchung, welche Farbe, Härte, Sitz, Stärke und Haften der Konkremente berücksichtigt, dürfte die Zugehörigkeit der jeweils vorliegenden Zahnsteinform ohne weiteres ergeben.

Vorkommen des Zahnsteins.

Die Zahnsteinbildung wird sowohl am menschlichen wie auch am tierischen Gebiß beobachtet. Vom Ansatz dieser Kalkinkrustationen werden weder gesunde noch kranke Menschen verschont.

Bei gesunden Individuen wird die Zahnsteinablagerung in größerer Menge, hauptsächlich bei zunehmendem Alter angetroffen, während sie bei jugendlichen Personen relativ selten ist. Doch sind in der Literatur auch einzelne Fälle beschrieben worden, die von sehr frühzeitigen Zahnsteinablagerungen berichten. So beschreibt Heinemann einen Fall von einem angeborenen Schneidezahn mit Zahnsteinbildung, während Kranz von der Beobachtung bedeutender Zahnsteinablagerungen bei 10—12 jährigen Kindern berichtet.

Dagegen gibt es in der Praxis verhältnismäßig wenige Fälle, wo in vorgerücktem Alter kein Zahnsteinansatz wahrnehmbar ist. Sogar bei Menschen, deren Mundhöhle bis zum 35.—40. Lebensjahre frei von Zahnsteinbildungen war, hat Sachs nach Überschreiten dieses Alters verhältnismäßig rasche Bildung größerer Zahnsteinmassen beobachtet.

Bei kranken Individuen wird im allgemeinen die Zahnsteinbildung in demselben Maße angetroffen wie bei gesunden. Doch gibt es aber krankhafte Allgemeinzustände, bei denen sich vermehrte Zahnsteinbildung beobachten läßt. So werden in dieser Hinsicht fieberhafte Krankheiten, allgemeine Stoffwechselkrankheiten, Gicht, Diabetes, Rheuma sowie Neurasthenie und Herzkrankheiten bezeichnet.

Im folgenden erscheint es mir als zweckmäßig, der anschließenden Betrachtung über Zahnsteinentstehung eine kurze Übersicht seiner Zusammensetzung vorausgehen zu lassen.

Genaue Untersuchungen über die Zusammensetzung des Zahnsteins haben in seinem Gefüge einen anorganischen und einen organischen Anteil ergeben.

In zusammenfassender Übersicht der Angaben in der Literatur ergeben sich als vorkommende Elemente im **anorganischen** Bestandteil folgende:

1. Alkalisalze (phosphorsaurer und kohlensaurer Kalk) in der Hauptsache vorhanden (Sachs, Kranz).
2. Phosphorsaures Eisen (Sachs).
3. Spuren von phosphorsaurer und kohlensaurer Magnesia (Port-Euler, Kranz).
4. Spuren von Siliziumdioxyd (Sachs).

Der **organische** Anteil des Zahnsteingefüges ergibt in seiner Zusammensetzung ein Gemisch von Speisepartikelchen, abgestorbenen Epithelien, Speichelkörperchen, Pilzrasen usw. Türkheim hat nach den Analysen von Kranz und nach den Durchschnittszahlen, die Sachs den Analysen von Vergne, Hoppeseyler-Freeman entnommen hat, folgende prozentuelle Zusammensetzung des Zahnsteins angegeben:

H_2O	5—22 %
Wasserlösliche Substanz . . .	5 %
Organische Substanz	14 %
Anorganische Substanz, Asche .	71 %
$Mg_3(PO_4)_2$ etwa	1,2 %
$CaCO_3$	6—8 %
$Ca_3(PO_4)_2$ etwa	62 %
$FePO_4$	7 %

Entsprechend der großen Zahl von Autoren, welche die Entstehung des Zahnsteins zum Gegenstand ihrer Forschung machten, entstand auch in der zahnärztlichen Literatur ein buntes Durcheinander von verschiedenen Theorien, die in ihrer Mannigfaltigkeit weniger übersichtlich waren.

Im Laufe der Zeit klärten sich allmählich die einzelnen Auffassungen, und so entstanden die Theorien, welche ich anschließend in eine systematische Übersicht einzuordnen versuchen werde.

I. Theorie:

Der Zahnstein ist ein Produkt unseres Speichels (Bonwill, Chupein, Younger, Mitscherlich, Sachs . . .).

Ihre wichtigste Begründung findet diese Theorie in der Tatsache, daß „die Produkte des Zahnsteins zugleich die Produkte unseres Speichels sind“ (Sachs).

Als Beweis für ihre Richtigkeit führen die Forscher u. a. die bereits erwähnten Prädilektionsstellen des Zahnsteinansatzes an, die sich in der Nähe der Ausführungsgänge der großen Speicheldrüsen befinden.

Wie die Untersuchungen Rosemanns gezeigt haben, sind 0,2 % der festen Bestandteile des Speichels Salze, die u. a. doppelkohlensauren Kalk und phosphorsaure Alkalien enthalten. So sind also die Alkalisalze des anorganischen Anteils in der Zahnsteinzusammensetzung in unserem normalen Speichel stets vorhanden.

Nach der eigentlichen Entstehungstheorie (Sachs) werden die Salze, die der Speichel in den Drüsen im gelösten Zustand enthält, nach seinem Austritt in die Mundhöhle als unlösliche Niederschläge abgegeben. Diese Niederschläge durchsetzen das organische Stroma des weißen Zahnbelages, der auf diese Art den organischen Grundstock für die Zahnsteinentstehung liefert. So erscheint also der Zahnbelag als Anfangsstadium der Zahnsteinbildung (Bail), die folglich in ihrem Ausmaß als abhängig von Mundverhältnissen und Speichelzusammensetzung zu betrachten ist.

Die Frage, warum die Kalksalze des Speichels bei seinem Austritt in das Mundcavum zur Ablagerung kommen, hat verschiedene Erklärungen gefunden.

Erklärung 1:

Durch die Kohlensäure des Speichels würden seine Kalksalze, solange er sich in den Drüsen befindet, als primäre kohlensaure Salze in Lösung gehalten. Beim Eintritt des Speichels in die Mundhöhle verflüchtige sich die Kohlensäure, und die Folge davon wäre die Ausfällung der nun sekundären kohlensauren Salze.

Sachs, der diese Erklärung kritisch betrachtet, findet keinen Grund zum Entweichen der Kohlensäure und erklärt sie daher als nicht stichhaltig.

Andere Verhältnisse dürften hier die Erklärung schaffen, meint er, und so findet er im Blut und Speichel Kalksalze, die in ihrer Menge nicht der Alkalität der beiden Lösungsmittel entsprechen, sondern im Überschuß vorhanden sind.

Des besseren Verständnisses wegen seien hier einige kurze Vorbemerkungen eingeschaltet.

In der Kenntnis, daß die zunehmende Alkalität einer Flüssigkeit, die als Lösungsmittel eines Salzes, z. B. $Ca_3(PO_4)_2$ dient, eine entsprechend abnehmende Löslichkeit dieses Salzes bedingt, hat P. Rona seine Versuche eingestellt.

Sie ergaben, daß Blut und Speichel als Lösungsmittel entsprechend ihrer Alkalität nur etwa 0,003 g $Ca_3(PO_4)_2$ auf 100 ccm Flüssigkeit enthalten sollen. Die Analysen haben aber diesen

Gehalt nicht bestätigt, sondern sowohl im Blut wie auch im Speichel einen Überschuß an Calciumphosphat ergeben.

Nun schließt sich jetzt der ersten Frage, warum das Calcium des Speichels erst im Munde zur Ablagerung kommt, noch eine zweite an: warum und in welcher Form erscheint dieser Calciumüberschuß?

Erklärung 2:

Die Anwesenheit von Eiweißkörpern bedingt bei den Calciumsalzen eine sehr wesentliche Erhöhung ihrer Löslichkeit (Pauli und Samec). So enthalte also der Drüsenspeichel, bei der Anwesenheit des Serums, die Calciumsalze in einer größeren Menge, die nicht der Speichelalkalität entsprechend wäre (vgl. Rona).

Im ausgetretenen Speichel wird nun diese vorher durch das Serum bedingte Löslichkeit irgendwie aufgehoben, was die überschüssigen Kalksalze zum Ausfallen bringt.

Erklärung 3:

Der Speichel ist eine metastabile Ca-Salzlösung (Sachs) im Sinne Ostwalds. Als solche bezeichnet der Letztere Lösungen mit einer sehr starken Neigung zur Übersättigung, deren Rückbildung bis zur normalen Sättigungsgrenze im allgemeinen sehr langsam erfolgt.

Demnach enthalte der Speichel einen gewissen Überschuß an Calciumphosphat, da er ja eine übersättigte metastabile Lösung darstelle.

Äußere Einflüsse verschiedener Art, die auch in den Mundverhältnissen gegeben sind, verursachen oft eine sehr schnelle Rückbildung dieser Lösung bis zum Normalwert ihrer Sättigung.

In der Folge eines solchen Vorganges, der z. B. durch das Schütteln der metastabilen Lösung (Zungenbewegungen, Atemluft) ausgelöst werden könnte, geschieht die Abscheidung des überschüssigen Calciumphosphates aus dem Speichel. Sachs möchte sogar den abgestorbenen Schleimhautzellen eine eventuelle Vermehrung der Zahnsteinbildung zuschreiben.

Er stützt sich dabei auf Liesegang, nach dessen Auffassung jede lebende Zelle Kohlensäure produziert, welche die Kalksalze des Plasmas in Lösung hält. Abgestorbene Epithelien bilden keine Kohlensäure mehr, die Kalksalze müßten ausfallen.

Erklärung 4:

Die Tatsache, daß der Speichel mehr Calciumphosphat enthält als diejenige Menge, die er entsprechend seiner Alkalität in

Lösung hält, fände noch eine Erklärungsmöglichkeit darin, daß dieser Calciumüberschuß in kolloidaler Form bestände.

Calciumcarbonat und Calciumphosphat sind im Speichel als Suspensionskolloide gelöst (Prießter). Aus dieser Lösung erfolgt dann in der Mundhöhle die Abscheidung der Kalksalze an den rauhen Stellen.

In diesem Zusammenhang schreibt Sommer: „Es kommt dann bei der Niederschlagsbildung zu einer gemeinsamen Kolloid-Kristalloidausfällung, die sich im Munde als Zahnstein repräsentiert".

In der kritischen Betrachtung dieser kolloidalen Hypothese bezieht sich Sachs auf die Untersuchungen Ronas, die im Speichel keine kolloidale Lösung von Kalksalzen ergeben haben. Nach seiner Ansicht dürfte der geringe Rest (10 %) an nicht diffundierten Kalksalzen an Eiweiß gebunden sein und so als Albuminat in kolloidaler Form vorliegen.

Hier ließe sich auch die

II. Theorie

von Black einreihen, nach dessen Überzeugung der Zahnstein nicht aus dem Speichel entstanden wäre, sondern „Der Kalkstein komme in den Mund als feinverteiltes und halbflüssiges Kalciumglobulin Calco-Globulin —, welches, mit vielen kolloidalen Elementen durchsetzt, zu einem steinernen Kalkstein werde".

Die Gründe für die Abscheidung von Calco-Globulin sieht Black in einer Störung der Ernährungsbalance.

Durch Diät ließen sich die Niederschläge kontrollieren, was aber Kranz in seinen Beobachtungen nicht bestätigt hat.

III. Theorie — Näslund.

Nach seiner Ansicht wird der Zahnstein hauptsächlich durch die Tätigkeit gewisser Mikroorganismen, besonders Aktinomyces und Leptothrix, gebildet, die bekanntlich einen beträchtlichen Teil von seinem organischen Stroma ausmachen. So läßt das Wachstum dieser Pilze gewisse biochemische Prozesse entstehen, die eine Präcipitation von Kalksalzen hervorrufen sollen. Die präcipitierten Kalksalze werden dann durch die Vegetationen dieser Mikroorganismen auf der Oberfläche der Zähne verbunden und fixiert.

Seine Theorie hat Näslund experimentell begründet, indem es ihm gelang, an extrahierten Zähnen, die er ständig in frischem Speichel hielt, artificiellen Zahnstein zu erzeugen. Der künstliche Zahnstein hatte denselben makroskopischen und mikroskopischen Bau wie der natürliche.

Als unterstützende Momente dieser Zahnsteinbildung wirken nach Näslund noch folgende mit:

Die normale Kondensation von Kolloiden im Speichel (Prinz), das Entweichen von Kohlensäure und das Vorkommen eines Exsudates bei subgingivalen Formationen, welches als Kalklieferant in Betracht kommt.

Die Genese des **subgingivalen** Zahnsteins, dessen Lokalisation verschiedene Entstehungshypothesen auftauchen ließ, sei hier noch im kurzen besprochen.

Nach der ersten Theorie (Bonwill, Younger, Mitscherlich, Miller) handelt es sich, da der Speichel auch Zutritt zu den Zahnfleischtaschen hat, ebenso um „einen aus dem Speichel stammenden Belag" (Sachs).

Doch bezeichnet ihn Miller in seinem Lehrbuch schon im Jahre 1898 als „Serumstein", womit angedeutet wird, daß „als Kalklieferant mehr das Serum in Betracht kommt, das bei der exsudativen Entzündung des Parodontiums ausgeschieden wird" (Port-Euler).

In der zweiten Theorie schließt sich Black hinsichtlich der Entstehung des subgingivalen Zahnsteins den Anschauungen Peirce's und Pauli's an. Nach diesen Autoren handelt es sich bei der subgingivalen Formation um ein Produkt des Blutes und nicht des Speichels. Sie sprechen daher von einem „Serumstein" bzw. „Serumal-Calculus", der in seiner chemischen Zusammensetzung oft harnsaure Salze neben den anderen aufweist. Peirce will überhaupt nur Niederschläge harnsaurer Natur gefunden haben; Kantorowicz u. a. ist es niemals gelungen, harnsaure Salze nachzuweisen.

Die dritte Theorie von Näslund erklärt die Entstehung dieser Zahnsteinform so, daß die Kalksalze bei dieser subgingivalen Inkrustation diesmal mehr aus dem Serum oder aus dem Exsudat präcipitiert werden.

Andere Forscher betrachten den subgingivalen Zahnstein als ein Ausscheidungsprodukt, welches dem Sekret bei der Zahnfleischentzündung direkt entstammen soll. Seine dunkle Farbe wäre die Folge einer kontinuierlichen Blutungserregbarkeit (Sachs).

Nach Sommer, der „Zahnstein" und „Serumstein" streng auseinander hält, wäre die Entstehung des letzteren „eine Folge entzündlicher Prozesse in der Alveole", wie sie z. B. bei der

Alveolarpyorrhoe gegeben sind. Zwischen Wurzelwand und Alveole entstehe ein „Blindsack“, in dem sich das serösentzündliche Exsudat ansammelt. In dieser Ansammlung sei „die beste Voraussetzung für eine Konkrementbildung“ gegeben, bei welcher dann das kolloidchemische Moment im Vordergrunde steht.

Zusammenfassend zur Zahnsteinentstehung seien hier die Veröffentlichungen von Herrenknecht, Becks und Scheidt erwähnt:

„Die neuesten Forschungen über die Bildung des Zahnsteins haben ergeben, daß dabei mindestens in den meisten Fällen ein kolloidchemischer Prozeß vor sich geht, in dem sich zuerst organische Substanzen am Zahn niederschlagen, die dann später durch die dem Speichel entstammenden Kalksalze inkrustiert werden. Dabei spielt das Entweichen der im Speichel enthaltenen Kohlensäure eine Rolle.“

Meine eigenen Untersuchungen über die feinere Struktur des Zahnsteins habe ich an gefärbten Schnittpräparaten vorgenommen, auf denen ich gleichzeitig versucht habe, die jeweils hervortretende Bakterienflora festzustellen.

Zur mikroskopischen Untersuchung der relativ zarten Objekte mußte eine Methodik gewählt werden, bei der durch die Entfernung des Kalkes eine Verlagerung der organischen Bestandteile nicht zu befürchten war.

Das von Baumgartner angegebene, etwas modifizierte Verfahren, bei dem durch das Einbetten in salpetersaures Zelloidin eine gleichzeitige Entkalkung vorgenommen wird, schien der aufgestellten Forderung am besten zu entsprechen.

Wir gingen in folgender Weise vor:

Nach der Zahnsteinentfernung, der stets die Aufnahme des lokalen Befundes vorausgegangen ist, wird das Konkrement in Formalin fixiert. Der Zahnstein wird danach durch Alkoholbäder von zunehmender Konzentration in Äther-Alkohol überführt, wo er 2 Tage liegen bleibt, um anschließend in dünnes Zelloidin zu kommen. Auf die 1%ige folgt eine 2%ige Zelloidinlösung, und in jeder dieser Lösungen verbleibt das Untersuchungsmaterial etwa 4 5 Tage. Darauf folgt die Herstellung einer salpetersauren Methylalkohol-Zelloidinlösung, in der sich das gleichzeitige Einbetten und Entkalken des Zahnsteins vollziehen wird.

In dieser Flüssigkeit, die dann alle 2—3 Tage gewechselt wird, verbleibt der Zahnstein, bis sich eine zufriedenstellende Entkalkung, innerhalb von 2—3 Wochen ungefähr, bereits eingestellt hat.

Darauf folgt definitive Zelloidineinbettung.

Nach dem oben geschilderten Verfahren konnte ich fast unversehrte Schnitte erzielen im Durchmesser von 20—30 μ.

An Färbemethoden kamen folgende zur Anwendung:

1. Hämatoxilin-Eosin, eine Übersichtsfärbung, die zugleich die differente Darstellung von verkalktem und unverkalktem Gewebe ermöglicht.
2. Gram-Färbung, zur Darstellung der Bakterienflora.
3. Weigert'sche Fibrinfärbung, zur Darstellung von Fibrin und Mucin.
4. Schmorl-Färbung, zum eventuellen Kalknachweis.

Zur Untersuchung gelangen verschiedene Stückchen von Zahnstein, die ich bereits bei der Entfernung nach dem klinischen Aussehen hinsichtlich ihrer Farbe einteilte. Diese Einteilung ermöglichte mir, drei Gruppen von Zahnstein auch im Verlaufe seiner Vorbehandlung stets auseinander zu halten: eine **weißgelbe,** eine **gelbbraune** und eine mehr **dunkelgraubraune** Zahnsteinform. Schon bei der flüchtigen Untersuchung von Übersichtspräparaten des vorliegenden Materials ist mir die Verschiedenheit der mikroskopisch hervortretenden Struktur aufgefallen, und da sie auch in großen Zügen der klinischen Einteilung entspricht, so sei sie auch hier der Übersichtlichkeit halber beibehalten.

Bei der **I. Gruppe von Fällen** handelt es sich meist um **weißgelbe** supragingivale Zahnsteinablagerungen, die von verschiedenen Patienten gewonnen wurden.

Den größten Teil des Untersuchungsmaterials bilden die Auflagerungen an der lingualen Fläche der unteren Schneidezähne. Es sind das mehr oder minder große Zahnsteinpartikelchen von einer weichen bis mittelharten Konsistenz.

Auf eine gewisse Schnelligkeit ihrer Bildung läßt uns die Anamnese schließen. Die Patienten sind durchschnittlich jedes Vierteljahr zur Untersuchung erschienen, einer will sogar selbst den relativ porösen Zahnstein alle 4 Wochen ungefähr mit dem Zahnstocher entfernt haben.

Bei der Zahnsteinentfernung war oft eine Blutung des mehr oder minder entzündeten Zahnfleisches nicht immer zu vermeiden.

Die mikroskopische Untersuchung zeigt bei allen Schnittpräparaten dieser Gruppe in einer zusammenfassenden Übersicht ziemlich einheitlichen Aufbau.

Auf größeren Schnitten, die eine Orientierung des Zahnsteins in bezug auf seine Lage zum Zahn erlauben, konnte man mit einiger Mühe, bei transversaler Schnittführung senkrecht zur Zahnachse, folgendes Strukturbild feststellen:

Im Centrum des Gesichtsfeldes ist eine mehr oder minder homogen erscheinende Masse vorhanden. In ihrer schwachen roten Färbung, die ungleichmäßig abgestuft ist, sieht man mehrere dunkelblaue Körner zerstreut. Diese Elemente haben sich bei der starken Vergrößerung als die Kerntrümmer abgestoßener Epithelien erwiesen und deuten daher zusammen mit dem manchmal scharf umrissenen Zelleib auf eine Menge solcher Zellen.

In lingualer Richtung folgt auf diesen zentralen Abschnitt eine Übereinanderschichtung von einzelnen Lamellen, die sowohl nach der Mitte zu wie auch gegeneinander durch dunkel gefärbte Linien

abgegrenzt sind. Die Lamellen selbst haben teils eine mehr homogene, teils eine faserig-strahlige Struktur, in der merkwürdige helle Einschlüsse von rundlicher Form unregelmäßig verteilt sind. Diese hellen Partien dürften wahrscheinlich den Stellen der Kalkeinlagerung entsprechen, was auch Schulze in seiner Arbeit annimmt; doch ließe sich aber mit Bestimmtheit nichts Genaues darüber aussagen.

In der Richtung nach dem Zahne zu wird der zentrale Abschnitt im Präparat durch einen unregelmäßigen, intensiv rosa gefärbten Streifen abgeschlossen. Man hat den Eindruck, als ob er in seiner Struktur die Verdichtung eines Netzwerkes von faserigen Elementen darstellt. An manchen Präparaten sieht man an dieser Seite des Schnittes ein Häutchen von kleinen runden Zellen in schwacher orangeroter Färbung. In ihrer Form sehen sie den Erythrocyten sehr ähnlich und dürften daher aus dem Blut bei der Zahnsteinentfernung stammen.

Das oben geschilderte Strukturbild ist nur bei wenigen Präparaten deutlicher zu erfassen. Sehr viele von ihnen erscheinen mehr homogener Natur, bei einigen z. B. sind es die rundlichen hellen Partien, die das Bild beherrschen, während andere wiederum die lamelläre Struktur stärker hervortreten lassen.

Der Bakterienbefund dieser Gruppe läßt sich weniger deutlich erfassen. Manche Präparate, die in der Zahnrichtung den oben erwähnten rosa Streifen aufweisen, lassen ihn bei der Gramfärbung als ein Geflecht von dunkelblauen Fäden erscheinen. Genaues über die Art dieser Fäden läßt sich hier, in Anbetracht der Dichte des Netzwerkes, nicht mit Bestimmtheit aussagen.

Mit großer Wahrscheinlichkeit ist aber dieser Streifen fast frei von Kalksalzen, was bereits aus seiner Färbung bei Hämatoxilin-Eosin hervorgeht und hier durch die Gramfärbung bestätigt wird. Das deutet also darauf, daß die dem Zahn zugekehrte Zahnsteinfläche frei von Kalksalzen ist, was auch Schulze bei seinen Untersuchungen festgestellt hat.

Die **II. Gruppe von Schnittpräparaten** entstammt einer massenhaften Zahnsteinablagerung von **gelbbrauner Farbe** bei bestehender Alveolarpyorrhoe.

Von den extrahierten Zähnen konnten größere Zahnsteinmassen entfernt werden, deren Lage und Zugehörigkeit zum Zahne sich genau feststellen ließ. Die Kalkauflagerungen bedeckten die linguale Zahnfläche und erstreckten sich entlang der zur Hälfte freigelegten Wurzel, beiderseitig auf die Aproximalflächen des Zahnes übergreifend. An der stärksten Basis des Zahnsteins, die

dem weit geschwundenen Zahnfleisch auflag, war er dunkler gefärbt, im allgemeinen aber wenig dicht und mittelhart.

Nach Entkalkung wurden die Konkremente in zweierlei Richtungen geschnitten:

in sagittaler Richtung, parallel zur Zahnachse, und
in transversaler Richtung, senkrecht zur Zahnachse.

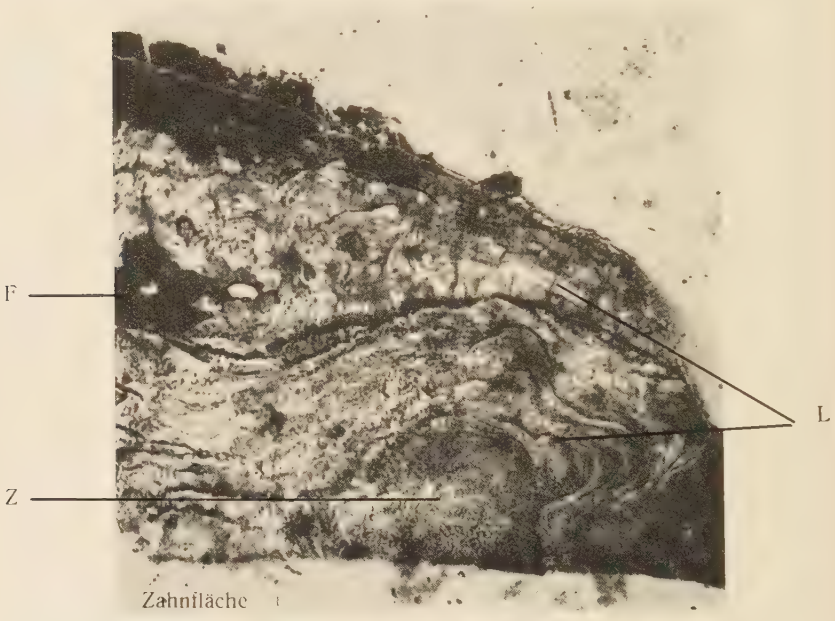

Abbildung 1.

Ausschnitt aus einem sagittalen Schnitt durch den Zahnstein, entsprechend seiner Basis auf der Gingiva.

L — Lamellenbildungen
F — Fremdkörpereinschluß
Z = Zellige Elemente

a) Das Schneiden in der sagittalen Richtung ergab Längsschnitte vom Zahnstein. Die Struktur solcher Schnitte wurde in der Nähe der durch den Zahn axial verlaufenden Ebene, also in mehr zentraler Lage, besonders interessant. Das mikroskopische Bild zeigt im Zentrum des Präparates einen Einschluß von sehr intensiver Färbung. Der Aufbau und die Farbe dieses Körpers lassen ihn im Vergleich zu den ihn allseitig umschließenden Lamellen als einen Körper fremdartiger Herkunft erscheinen. Speisereste verschiedener Art, darunter vielleicht auch einige Körner

pflanzlicher Abstammung, dürften seine Hauptmasse bilden. Merkwürdig sind die hellen Partien in dieser Masse und der teilweise vorhandene Zusammenhang mit den Lamellen. An manchen Stellen zeigt er eine feine strahlig-radiäre Anordnung, die große Ähnlichkeit mit Aktinomycesdrusen hat.

Die Lamellen selbst haben teils mehr homogene, teils feinfaserige Struktur und sind durch wellige Grenzlinien voneinander getrennt. Besonders deutlich sind sie in der Zahnrichtung ausgeprägt, während in lingualer Richtung mehr helle Partien und homogene Massen vorhanden sind.

An der Stelle im Präparat, entsprechend der Basis des Zahnsteins auf der Gingiva, sind mehrere Schichtungen braun gefärbt. Die Färbung dürfte vom Tabak- bzw. Kaffeegenuß herrühren. Auch mehrere Epithelien und Leukozyten konnte man hier feststellen, die teils von den welligen Lamellen eingeschlossen, meist aber in einer mehr homogenen Masse eingebettet waren.

b) Das Schneiden in der transversalen Richtung ergab halbmondförmige Querschnitte vom Zahnstein. Im Mikroskop sieht man einen gut ausgeprägten lamellären Bau. In konzentrischer Schichtung folgen die einzelnen Lamellen aufeinander mehr oder minder gewellt, durch wellige Grenzlinien voneinander getrennt. In manchen Schnitten sieht man auf dem Halbmond knospenförmige Lamellenausbuchtungen, in deren Mitte anscheinend zerfallene Massen eingeschlossen sind. Im übrigen haben wir fast denselben Aufbau wie bei den Längsschnitten, doch einige erscheinen im Querschnitt mehr dicht und zusammengedrängt in ihrer Struktur.

Die oben geschilderten Strukturbilder stellen den Gesamteindruck von der mikroskopischen Untersuchung dieser Gruppe dar. An dem Bakterieninhalt, der auf diesen Schnittpräparaten hervortritt, konnte man im allgemeinen folgendes feststellen:

Überwiegend ist ein Netzwerk gram-positiver Fäden und Stäbchen. Die Stelle, die es im Präparat einnimmt, entspricht derjenigen Partie des Zahnsteins, die auf der Gingiva liegt. An durchsichtigen Stellen dieses Geflechtes kann man die Fäden mehr isoliert in wechselnder Länge und Dicke beobachten. Mit einiger Mühe konnte man hier auch mehrere Häufchen gram-positiver Coccen feststellen, ebenso einige Spirochäten und mehrere Bazillen, die zwischen den Windungen der Fäden eingelagert waren. An den Fäden selbst konnten, soweit es die Dichte des Netzwerkes erlaubte, keine Verzweigungen festgestellt werden.

Es dürfte sich wohl in der Hauptsache um Leptothrixfäden handeln. Pilzelemente, die Ähnlichkeit mit dem Aktinomyces haben könnten, wurden nicht eindeutig festgestellt. Der Anschauung

(Näslund u. a.), daß dieses Fadengeflecht die Mycelien des Aktinomycespilzes darstellt, können wir uns auf Grund unserer Untersuchungen nicht anschließen. Jedenfalls besteht zwischen den Fäden der von uns untersuchten Masse und der typischen Kolben des Aktinomyces keinerlei Ähnlichkeit.

Die **III. Gruppe von Schnittpräparaten** bezieht sich größtenteils auf Zahnsteinbildungen von einer mehr **dunklen, graubraunen Farbe.**

Das Untersuchungsmaterial stammt mehr von den buccalen, seltener von den palatinalen Flächen der Zähne im Molaren- und Prämolarenbereich. Mäßige supragingivale Auflagerungen, die mit den subgingivalen Formationen zusammenhängen, bilden hier Krusten, die sehr hart und dicht erscheinen. Beim Versuch, diese Krusten möglichst in toto zu entfernen, ließ sich oft die Verletzung des Zahnfleisches nicht vermeiden, zumal es meistens, besonders bei einem Fall von bestehender Dentitio difficilis auf gleicher Seite, leicht geschwollen und mehr oder minder entzündet war. Die Konkremente wurden nach Entkalkung in transversaler Richtung, also parallel zur Kaufläche geschnitten.

Die Hauptsche des Zahnsteins besteht hier, in der Mehrzahl der untersuchten Konkremente, aus zusammenhängenden, zur Zahnfläche parallel verlaufenden Schichten von wechselnder Zahl, Breite und Struktur.

In manchen Präparaten treten diese Lamellen als sehr schmale, dicht aneinanderliegende Bänder hervor, die in ihrer Struktur teils homogen, teils strahlig aufgebaut erscheinen.

Mitunter sieht man aber breitere Lamellen von einer Struktur, die sich durch viele kolbenähnliche Gebilde auszeichnet. In ihrer Färbung imponieren sie als mehr oder minder helle Partien von rundlicher Gestalt. Die einzelnen Lamellen sind auch hier meistens durch dunkle, girlandenähnliche Begrenzungslinien voneinander getrennt.

Bei manchen Schnitten, besonders bei denjenigen, die von einer Inkrustation unter stark entzündetem Zahnfleisch stammen, sieht man auf dieser intermediären Schichtung eine Außenschicht, die verschieden stark entwickelt ist. Durch eine mehr diffuse Färbung und strukturloses Aussehen bei schwacher Vergrößerung tritt ihr Unterschied von dem lamellären Bau sehr deutlich hervor.

Mitunter sieht man am Rande dieser Außenschicht mehrere kleine runde Zellen zu einem Häufchen versammelt. Mit großer Wahrscheinlichkeit sind es Blutzellen, die von der Zahnfleischblutung herstammen.

Die dem Zahn zugekehrte Fläche des Zahnsteins ist in manchen Schnitten durch einen ungleichmäßigen, diffus gefärbten Streifen dargestellt. Als eine Verfilzung bildet er dann den inneren Abschluß der intermediären Schichtung. Bei einigen Schnitten dagegen, die von der Zahnsteinauflagerung einer Goldkrone stammen, fehlt dieser Abschluß, und der ganze Querschnitt besteht aus schmalen Lamellen in dichter Schichtung.

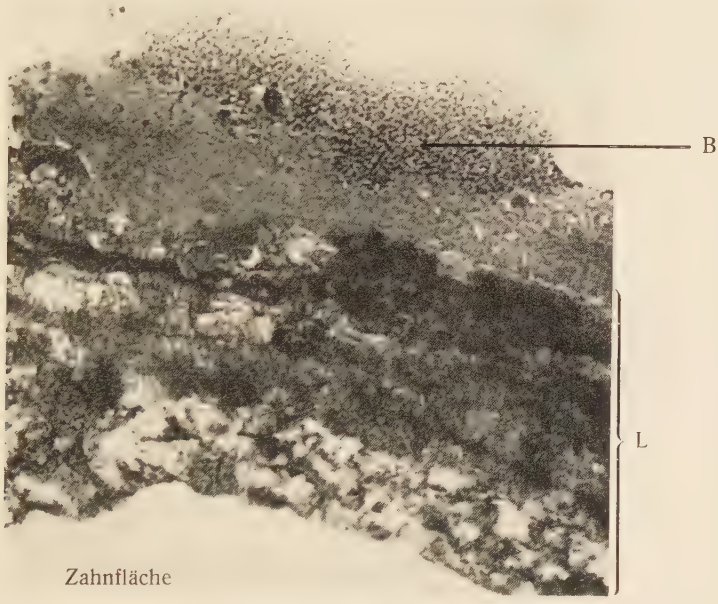

Abbildung 2.

Ausschnitt aus einem transversalen Schnitt durch den Zahnstein.
B — Zellige Elemente auf der Außenschicht
L — Lamellenbildungen

Zum Bakterienbefund dieser Gruppe gehört dasselbe Bild, wie es bei der II. Gruppe geschildert wurde. Bei Inkrustationen, die vom entzündeten Gebiet stammen, war die Bakterienflora auch auf der Außenseite vorhanden, sonst meist im inneren Streifen in der Zahnrichtung lokalisiert.

Aus den Präparaten, die nach Weigert gefärbt wurden, konnte man auf das Vorhandensein von Fibrin und Schleim im Zahnstein schließen. Bei der Schmorl-Färbung waren Lamellen und Begrenzungslinien sehr deutlich ausgeprägt.

Ehe ich zur Zusammenfassung meiner Untersuchungen übergehe, möchte ich noch kurz auf die anderen Konkremente im Bereich der Mundhöhle eingehen, um ihre Struktur und Bakterienflora in einer vergleichenden Betrachtung berücksichtigen zu können.

Im vorliegenden Zusammenhang interessieren uns hauptsächlich die Untersuchungen über das organische Stroma der Speichel- und Tonsillensteine. Von den Autoren, die sich mit diesem Gegenstand beschäftigt haben, seien hier außer Söderlund und Näslund noch Klebs, Galippe und Risak zitiert.

Die Untersuchungen von Klebs erscheinen für uns deshalb besonders interessant, weil er außer Speichel- und Tonsillensteinen auch den Zahnstein untersucht hat. Bei der mikroskopischen Untersuchung dieser Konkremente glaubt er die vielen Fäden und Stäbchen, die er darin feststellen konnte, als Leptothrix buccalis identifizieren zu können. Diesem Pilz schreibt er eine kalkausfällende Fähigkeit zu und will deshalb, wie Söderlund in seiner Arbeit schreibt, „in der Steinbildung eine biologische Leistung eines bestimmten Pilzes sehen, nämlich des Leptothrix".

Galippe hat in den von ihm untersuchten Konkrementen außer Leptothrix auch eine Anzahl anderer, nicht näher definierter Bakterien gefunden. Auf Grund dieses Befundes meint er, daß nicht nur Leptothrix, sondern alle Mikroorganismen, die die Mundflora bilden, Steinbildner sind, und daher sei „die Ausfällung von Mineralsalzen aus dem Speichel ein Werk der in ihm enthaltenen Mikroorganismen" (nach Söderlund).

Die Untersuchungen Risak's beziehen sich auf das organische Gerüst der Speichelsteine. Auf den Schnittpräparaten der von ihm untersuchten Konkremente konnte er konzentrisch angeordnete Lamellen feststellen, die teils homogen, teils faserig aufgebaut, mehrere Schichten bildeten. Zwischen diesen Schichten eingelagert fand er größere und kleinere Haufen gram-positiver Coccen, die von einem Netzwerk blauer zarter Fäden umsponnen waren. In der Zusammenfassung seiner Untersuchungsergebnisse äußert er die Ansicht, „daß eine Reihe von der in der Mundflora vorkommenden Bakterien zur Steinbildung Veranlassung geben kann".

Zuletzt sei noch Söderlund erwähnt, der mit Näslund zusammen sehr genaue Angaben über die feinere Struktur der Speichelsteine macht.

In der Schilderung des mikroskopischen Bildes werden die konzentrisch angeordneten Schichten, ihre Kolbenstruktur und ihre girlandenähnlichen Begrenzungslinien besonders hervorgehoben.

Die Kolbenstruktur der einzelnen Schichten entspricht nach Söderlund den abgestorbenen, kolbig degenerierten Aktinomyces-

vegetationen, die in zusammenhängenden Verbänden um den ganzen Stein herum die eigentliche Schicht gebildet haben.

Die girlandenähnlichen Begrenzungslinien dieser Schichten sind der Ausdruck für die Neigung des Pilzes, isolierte Kolonien zu bilden.

Das ganze organische Stroma des Steines ist nach seiner Ansicht aus mehr oder weniger vollständig abgestorbenen Aktinomyceskolonien gebildet.

Zusammenfassung.

1. Das organische Stroma des Zahnsteins besteht aus Pilzrasen, Epithelien, Speisepartikelchen, Leukozyten, Schleim, Detritus usw.
2. Die mikroskopischen Bilder vom Zahnstein erlauben eine gewisse Schlußfolgerung auf seine klinische Beschaffenheit. Die lamellare Anordnung im organischen Gerüst deutet auf ein appositionelles Wachstum des Zahnsteins und ist je nach der Zahnsteinform mehr oder weniger deutlich ausgeprägt.

   In vergleichender Betrachtung von Strukturbildern, die vom Zahnstein und Speichelstein stammen, ist eine gewisse Ähnlichkeit in der Lamellenanordnung festzustellen. Hinsichtlich der Lamellenstruktur würden wir beim Zahnstein eher der Meinung zuneigen, daß sie durch die Art der Kolloidausfällung bedingt ist.
3. Der Bakterieninhalt im Zahnstein ist zusammengesetzt aus Mikroorganismen verschiedener Art, die in der Mundflora vorkommen und je nach den Mundverhältnissen einen mehr oder minder großen Anteil im organischen Stroma des Zahnsteins bilden.

   Inwiefern aber diese Mikroorganismen (bes. Leptothrix und Aktinomyces) in analoger Weise wie bei der Speichelsteinbildung an der Entstehung des Zahnsteins beteiligt sind, läßt sich auf Grund der vorliegenden Untersuchungen nicht aussagen.

Literaturverzeichnis.

Die große Mehrzahl der im allgemeinen Abschnitt zitierten Autoren ist hauptsächlich in den Arbeiten von Bail, Sachs und Willi angeführt:

Bail: Die Kalkablagerungen an den Zähnen (Diss.). Schweizerische Mon.-Schr. f. Zahnheilkunde 1923, Bd. 33.

Sachs: Beiträge zur Kenntnis von Bildung des Zahnsteins und ihrer Verhütung. Mon.-Schr. f. Zahnheilkunde 1914, Bd. 32.

Willi: Untersuchungen über die Wirkungen der Sulforizinoleate auf Zahnbeläge und Zahnstein. Schweiz. Mon.-Schr. f. Zahnheilkunde 1930, Bd. 40. H. 6.

Von den anderen Autoren hatte ich in meiner Arbeit Anlaß, folgende zu zitieren:

Baumgartner: Aus „Ergebnisse der gesamten Zahnheilkunde", 1911, Bd. I.

Galippe: zitiert nach Söderlund.

Klebs: „ „ „

Näslund: Die Bildung des Zahnsteins nach einem Referat in „Dtsch. Mon.-Schr. f. Zahnheilkunde", 1927.

Port-Euler: Lehrb. d. Zahnheilkunde, München 1929.

Rosemann: zitiert nach Port-Euler.

Risak: Zur Klinik und Pathologie der Speichelstein-Krankheit. Dtsch. Ztschr. f. Chirurgie 1929, 219.

Sommer: Die Konkremente der Alveolarpyorrhoe im Lichte der Kolloidchemie. Dtsch. zahnärztl. Wchschr. 1922, Nr. 25.

Söderlund: Die Speichelsteinkrankheit und ihr Verhalten zu der primären und duktogenen Speicheldrüsenaktinomykose. Akta Chirurgica Scandinavica 1927, Supl. 9.

Schulze: „Über Zahnstein und zahnsteinlösende Pasten", Dissertation Pharmakol. Instit. Göttingen 1921.

Türkheim: Physiologische Chemie (Zahnstein). Fortschritte der Zahnheilkunde, 1925, Bd. I.

Lebenslauf.

Am 15. April 1908 wurde ich, Robert Garteff, zu Stara-Zagora (Südbulgarien) geboren als Sohn des Kaufmanns Awram Garteff und dessen inzwischen verstorbenen Ehefrau Raschel, geb. Nachmias. In meiner Heimatstadt besuchte ich die Volksschule und das staatliche Volksgymnasium „Iw. M. Wasoff“ und erhielt am 1. Juli 1926 das Zeugnis der Reife. Nachdem ich 2 Jahre im Geschäft meines Vaters verbracht habe, entschloß ich mich zum Studium der Zahnheilkunde. Ich begann das Studium im Wintersemester 1928 in Berlin, habe dort die zahnärztliche Vorprüfung bestanden und kam im Wintersemester 1930 nach Göttingen um hier mein Studium zu beenden.

Am 17. Dezember 1932 erhielt ich das Zeugnis für erfolgreich bestandenes zahnärztliches Staatsexamen.